

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Análisis Estructural Naval I
<b>Clave de la asignatura:</b>	NVD-1005
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	2-3-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Naval

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta un elemento de competencia al perfil profesional del Ingeniero Naval para adquirir las capacidades y habilidades en dos competencias profesionales:

- Diseña y evalúa vehículos y artefactos marinos para la aplicación de procesos de diseño e ingeniería naval, así como de las normas, reglamentos y códigos pertinentes.
- Inspecciona vehículos y artefactos marinos, sus sistemas, maquinarias, equipos y materiales, para verificar la aplicación de las normas, reglamentos y códigos que regulan su construcción y operación.

Este elemento de competencia se integra con otros en las dos unidades de competencia siguientes:

- ✓ Diseña, analiza y evalúa la arquitectura naval de los productos navales para aplicar los requerimientos hidrodinámicos, estructurales, y de su normativa.
- ✓ Inspecciona el funcionamiento de la arquitectura, sus sistemas, maquinarias y equipos de embarcaciones y artefactos navales, para la verificación de sus requerimientos de funcionalidad, ciencias de ingeniería, y su normativa.

El elemento de competencia consiste en el siguiente desempeño específico:

- Analiza la resistencia estructural del casco o artefacto para aplicar los criterios de arquitectura naval y normativa pertinente.

Su importancia es relevante en las áreas de desempeño de ingeniería y de inspección y certificación ya que es una herramienta esencial en el análisis, diseño y evaluación estructural de la arquitectura de vehículos y artefactos marinos.

La asignatura consiste en un primer curso de análisis estructural donde el énfasis se centra en los métodos de análisis estructural a armaduras, marcos, vigas y columnas, relacionando esas estructuras y elementos estructurales típicos con la estructura y componentes estructurales del buque.

Tiene como pre-requisito Mecánica de Materiales II, está relacionada con Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Cálculo Vectorial, Diseño Estructural Naval, Diseño de Vehículos Marinos, y Proyecto de Diseño de vehículos Marinos, y es pre-requisito de Análisis Estructural Naval II.

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

### Intención didáctica

Se organiza el temario en tres temas, delimitando claramente la introducción a la estructura y componentes estructurales del buque y las cargas que soporta, los procedimientos de análisis estructural clásico y matricial y, el procedimiento de elemento finito.

El primer tema se subdivide en cuatro subtemas. El primer subtema introduce de manera general los modelos conceptuales para el análisis y la síntesis estructural, presentando el modelo de la viga equivalente de Attwood, el modelo de la jerarquía de esfuerzos de Lienau, la modelación de viga dependiendo de las condiciones de frontera en los extremos (transmisión de carga), el modelo del ancho efectivo, los modelos de síntesis del casco bajo los métodos de la sección y del panel bruto y, el modelo de la espiral de diseño para cualquier sistema complejo. El segundo subtema proporciona la función de los componentes estructurales del buque, la filosofía y procedimientos de diseño, la relación de la estructura con las líneas moldeadas, la alineación y continuidad estructural, las secciones usadas para cuadernas, vigas y atiesadores, la separación transversal de cuadernas, el armado longitudinal, la construcción de doble y simple fondo, la placa del forro del casco, la placa de cubierta, el armado transversal de costado, las vigas transversales de cubierta, los atiesadores y paneles de placa de mamparos, las columnas, trabes y brazolas de escotillas, los mamparos de separación del espacio de cámara de máquinas, las superestructuras y casetas sobre cubierta, las bancadas de maquinaria, las estructuras de proa y popa, bossings y soportes de ejes y, las quillas de pantoque y defensas. El tercer subtema describe las unidades básicas estructurales del buque, paneles de placa, combinaciones placa-atiesador, armazones y accesorios, y relaciona cuáles son los métodos de análisis estructural más utilizados para esas unidades estructurales básicas. El cuarto subtema discute las cargas de diseño de la estructura y sus componentes estructurales, divididas en seis grandes grupos, momentos flexionantes y fuerzas cortantes en aguas tranquilas, momentos y fuerzas cortantes inducidas por olas, cargas vibratorias e impulsivas, cargas térmicas, cargas dinámicas, y otras cargas, presentando de forma introductoria las reglas de construcción y clasificación de buques de acero de alguna casa clasificadora e indicando las formulaciones para determinar las cargas de los primeros dos grandes grupos de cargas (aguas tranquilas y olas).

El segundo tema se subdivide en seis subtemas. El primer subtema describe el procedimiento general de análisis de los desplazamientos, las ecuaciones pendiente-desviación, y la aplicación del análisis en marcos y vigas. El segundo subtema proporciona los principios generales y definiciones, la distribución de momentos para vigas, las modificaciones al factor de rigidez, la distribución de momentos para marcos sin y con desplazamiento lateral, y la distribución de momentos para marcos de varios niveles. El tercer subtema trata con el trabajo externo y la energía de deformación, el principio del trabajo y de la energía, el principio del trabajo virtual, el procedimiento de análisis para armaduras y, el procedimiento de análisis para vigas y marcos. El cuarto subtema proporciona el teorema de Castigliano, el procedimiento de análisis para armaduras y, el procedimiento de análisis para vigas y marcos. El quinto subtema describe las estructuras estáticamente indeterminadas, el procedimiento general de análisis de las fuerzas o flexibilidades, el teorema de Maxwell de los desplazamientos recíprocos, la ley de Betti, el procedimiento de análisis para vigas, los diagramas de momentos generales para vigas, el procedimiento de análisis para marcos y armaduras, las estructuras compuestas y, las observaciones adicionales al método y su tratamiento matricial. El sexto subtema discute los fundamentos del método de la rigidez o desplazamiento, la matriz de rigidez de un miembro de armadura, las matrices de transformación de desplazamientos y fuerzas, la matriz de rigidez global de un miembro, la matriz de rigidez de la estructura, la aplicación del método de la rigidez al análisis de armaduras, las observaciones del método para aplicarlo a marcos y vigas, la matriz de rigidez de un

miembro de un marco, las matrices de transformación de desplazamientos y fuerzas, la matriz de rigidez global de un miembro de un marco, la matriz de rigidez global de una viga y, la aplicación del método de la rigidez al análisis de vigas y marcos.

El tercer tema se subdivide en cinco subtemas. El primer subtema introduce los conceptos fundamentales necesarios en el desarrollo del método del elemento finito bajo los enfoques de la energía potencial y de Galerkin, iniciando con los conceptos de esfuerzo y equilibrio, las condiciones de frontera, las relaciones deformación unitaria-desplazamiento, las relaciones esfuerzo-deformación unitaria (una dimensión y dos dimensiones (esfuerzo plano y deformación unitaria plana)), los efectos por temperatura, la energía potencial y equilibrio (principio de la energía potencial mínima), el método de Rayleigh-Ritz, el método de Galerkin en la elasticidad (principio del trabajo virtual), el principio de Saint Venant, el esfuerzo de Von Mises, las herramientas básicas del álgebra de matrices y los métodos de eliminación de Gauss y del gradiente conjugado para resolver ecuaciones y, la descripción de los software comerciales para elemento finito, eligiendo alguno para suplementar el proceso de aprendizaje. El segundo subtema describe cómo se usarán la energía potencial total y las relaciones esfuerzo-deformación unitaria y deformación unitaria-desplazamiento para desarrollar el método del elemento finito para un problema unidimensional (una barra unidimensional cargada por tracción, cargas de cuerpo y puntuales, se modela como una flecha de sección variable), la construcción del modelo del elemento finito a partir de la división del elemento y el esquema de numeración, las coordenadas y las funciones de forma, el enfoque de la energía potencial vía matriz de rigidez del elemento y los términos de fuerza, el enfoque de Galerkin vía matriz de rigidez del elemento y los términos de fuerza, el ensamble de la matriz de rigidez global y del vector de carga, las ecuaciones del elemento finito y el manejo de las condiciones de frontera (tipos de condiciones de frontera, los enfoques de eliminación y de la penalización, así como las restricciones de multipunto), las funciones de forma cuadrática y, los efectos por cambios de temperatura. El tercer subtema presenta la aplicación del método de elemento finito a armaduras bidimensionales y tridimensionales iniciando con las armaduras planas, los sistemas de coordenadas locales y globales, las fórmulas para calcular  $I$  y  $m$ , la matriz de rigidez de un elemento, el cálculo de esfuerzos, los efectos por temperatura, extendiendo la aplicación a las armaduras tridimensionales mediante el ensamble de la matriz de rigidez global para soluciones en banda y perfil. El cuarto subtema discute la formulación bidimensional del elemento finito siguiendo los pasos usados en el segundo subtema ahora de forma general, describiendo cómo construir el modelo del elemento finito usando triángulos de deformación unitaria constante, la representación isoparamétrica, los enfoques de la energía potencial y de Galerkin, los cálculos de esfuerzo y los efectos por temperatura, las directrices para el modelado del problema y las condiciones de frontera, las consideraciones para los materiales ortotrópicos en particular la madera, la extensión hacia problemas que implican sólidos tridimensionales de simetría axial sometidos a carga axial simétrica que se reducen a simples problemas bidimensionales mediante los enfoques de la energía potencial y de Galerkin y, el análisis de los elementos isoparamétricos bidimensionales e integración numérica. El quinto subtema presenta la aplicación del elemento finito a vigas simétricas y marcos planos y tridimensionales, iniciando con las vigas aplicándoles los métodos de la energía potencial y de Galerkin, la formulación del elemento finito, el vector de carga, las consideraciones de frontera, la fuerza cortante y el momento flexionante, las vigas sobre soportes elásticos y, la aplicación a marcos planos y tridimensionales mediante los enfoques de la energía potencial y de Galerkin, donde se considera que estas estructuras tienen miembros conectados rígidamente.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos

relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el docente busque sólo guiar a sus estudiantes para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el docente todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el estudiante tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el estudiante se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el docente ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Mazatlán del 23 al 27 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río, Mazatlán, Pachuca y San Luis Potosí.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías e Ingeniería Naval.
Instituto Tecnológico de Boca del Río del 26 al 30 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río y Mazatlán.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Ingeniería en Acuicultura,

		Ingeniería en Pesquerías e Ingeniería Naval.
Tecnológico Nacional de México, del 26 al 30 de agosto de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río y Mazatlán.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología, Ingeniería Petrolera, Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías, Ingeniería Naval y Gastronomía del SNIT.

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia específica de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza la resistencia estructural del casco o artefacto para aplicar los criterios de arquitectura naval y normativa pertinente.</li> </ul>

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza los principios y métodos de Mecánica de Materiales II para el diseño y análisis de vigas y ejes estáticamente determinados e indeterminados sujetos a diferentes condiciones de carga.</li> <li>Utiliza los principios y métodos de Ecuaciones Diferenciales para el análisis y modelación de sistemas dinámicos y continuos.</li> </ul>
---

#### 6. Temario

No.	Nombre de temas	Subtemas
1	Introducción a las estructuras y componentes estructurales del buque.	1.1 Clasificación de estructuras y esfuerzos 1.2 Componentes estructurales 1.3 Unidades estructurales básicas 1.4 Cargas
2	Métodos de análisis estructural.	2.1 Ecuaciones pendiente-desviación 2.2 Distribución de momentos 2.3 Trabajo virtual 2.4 Teorema de Castigliano 2.5 Fuerzas o flexibilidades 2.6 Rigidez o desplazamiento
3	Introducción a elemento finito.	3.1 Conceptos fundamentales 3.2 Modelación de problemas en una dimensión 3.3 Armaduras 3.4 Modelación de problemas en dos dimensiones 3.5 Vigas y marcos

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Introducción a las estructuras y componentes estructurales del buque.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica la estructura y sus componentes para asociar las unidades estructurales básicas y sus métodos de análisis, así como las cargas, su clasificación y sus formulaciones en reglamentos de construcción y clasificación.</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad en identificar, formular y resolver problemas.</li> <li>Destreza para generar análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad para usar herramientas computacionales.</li> <li>Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás.</li> <li>Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos.</li> <li>Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar la clasificación de la estructura y los esfuerzos en primarios, secundarios y terciarios</li> <li>Explicar para qué se clasifica la estructura y los esfuerzos</li> <li>Reconocer la relación entre la clasificación de la estructura y esfuerzos con los niveles de análisis de la resistencia de la estructura de vehículos marinos</li> <li>Identificar los componentes estructurales en vehículos marinos</li> <li>Analizar las funciones de los componentes estructurales y los sistemas de armado</li> <li>Identificar las unidades estructurales básicas</li> <li>Identificar cuáles son los métodos de análisis estructural pertinentes para el análisis de las unidades estructurales básicas</li> <li>Examinar los tipos y características de las cargas que soporta la estructura de vehículos marinos</li> </ul>
2.- Métodos de análisis estructural.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Soluciona problemas de armaduras, marcos y vigas estáticamente indeterminadas para utilizar los métodos clásicos y matriciales.</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad en identificar, formular y resolver problemas.</li> <li>Destreza para generar análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad para usar herramientas computacionales.</li> <li>Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás.</li> <li>Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos.</li> <li>Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explicar el método de ecuaciones pendiente-desviación</li> <li>Aplicar el método de ecuaciones pendiente-desviación en vigas y en marcos</li> <li>Explicar el método de distribución de momentos</li> <li>Aplicar el método de distribución de momentos en vigas y en marcos</li> <li>Explicar el método de trabajo virtual</li> <li>Aplicar el método de trabajo virtual en armaduras, vigas y marcos</li> <li>Explicar el método de Teorema de Castigliano</li> <li>Aplicar el método de Teorema de Castigliano en armaduras, vigas y marcos</li> <li>Explicar el método de fuerzas o flexibilidades</li> <li>Aplicar el método de fuerzas o</li> </ul>

	flexibilidades en vigas, marcos y armaduras <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar el método de rigidez o desplazamiento</li> <li>• Aplicar el método de rigidez o desplazamiento en vigas, marcos y armaduras</li> </ul>
<b>3.- Introducción a elemento finito.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<b>Específica(s):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza el método del elemento finito para resolver problemas de armaduras, marcos y vigas estáticamente indeterminadas.</li> </ul> <b>Genéricas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidad en identificar, formular y resolver problemas.</li> <li>• Destreza para generar análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad para usar herramientas computacionales.</li> <li>• Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás.</li> <li>• Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los conceptos de esfuerzos y equilibrio, condiciones de frontera, relaciones deformación unitaria-desplazamiento, relaciones esfuerzo-deformación unitaria, y efectos por temperatura</li> <li>• Explicar la energía potencial y equilibrio, el método de Rayleigh-Ritz, y el método de Garlekin</li> <li>• Describir el principio de Saint Venant y el esfuerzo de Von Mises</li> <li>• Explicar la construcción del modelo del elemento finito, coordenadas y funciones de forma</li> <li>• Discutir los enfoques de la energía potencial y de Garlekin</li> <li>• Explicar el ensamble de la matriz de rigidez global y del vector carga</li> <li>• Describir las propiedades de la matriz de rigidez estructural</li> <li>• Examinar las ecuaciones del elemento finito y el manejo de las condiciones de frontera</li> <li>• Discutir ejemplos en problemas sencillos unidimensionales de la aplicación del método de elemento finito</li> <li>• Analizar funciones de forma cuadrática</li> <li>• Examinar efectos por cambio de temperatura</li> <li>• Aplicar el método de elemento finito a armaduras planas y tridimensionales</li> <li>• Explicar cómo se construye el modelo del elemento finito en problemas bidimensionales mediante triángulos de deformación unitaria constante</li> <li>• Analizar el modelado del problema y las</li> </ul>

	<p>condiciones de frontera</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir ejemplos en problemas sencillos bidimensionales de la aplicación del método del elemento finito</li> <li>• Examinar los materiales ortotrópicos</li> <li>• Analizar los sólidos de simetría axial sometidos a carga axial simétrica</li> <li>• Discutir los elementos isoparamétricos bidimensionales e integración numérica</li> <li>• Aplicar el método del elemento finito a vigas así como a marcos planos y marcos tridimensionales</li> </ul>
--	--

## 8. Prácticas

Prácticas sugeridas para desarrollar las competencias específicas y genéricas:

- Resolver problemas de estructuras hiperestáticas mediante el método de la rigidez
- Resolver problemas de estructuras hiperestáticas mediante el método de elemento finito
- Experimentar con software para análisis estructural la determinación de esfuerzos y reacciones de estructuras hiperestáticas.
- Formular el modelo de una viga sujeta a combinaciones de carga mediante elemento finito.
- Formular el modelo de un marco cerrado sujeto a combinaciones de carga mediante elemento finito.
- Experimentar con software para elemento finito análisis de estructuras hiperestáticas.

## 9. Proyecto de asignatura (Para fortalecer la(s) competencia(s) de la asignatura)

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias (específicas y genéricas de la asignatura)

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

- Bitácora
- Cuestionario
- Debate
- Ensayo
- Escala de apreciación
- Examen (preguntas de respuestas abiertas, cerradas o múltiples)
- Exposición
- Investigación
- Lista de cotejo
- Mapa conceptual
- Portafolio
- Proyecto
- Prueba de conocimiento
- Prueba de desempeño
- Rúbrica
- Solución de problemas (cerrados o abiertos)
- Técnica de casos
- Técnica de ejecución
- Técnica de pregunta
- Trabajo en equipo o colaborativo.

## 11. Fuentes de información

### NECESARIA PARA EL ESTUDIO Y PRESENTACIÓN DE EXÁMENES

- Chandrupatla T. R. & Belegundu A. D. (1999) *Introducción al Estudio del Elemento Finito*. (2ª ed). México: Editorial PEARSON.
- Hibbeler R. C. (2012) *Análisis Estructural*. (8ª ed). México: Editorial PEARSON.

### RECOMENDADA COMO SUPLEMENTO

- Desai C. S. & Kundu T. (2011) *Introductory Finite Element Method*. USA: Editorial Taylor & Francis.
- Evans J. H. (1983) *Ship Structural Design Concepts*. USA: Editorial CMP.
- Eyres D. J. (1988) *Ship Construction*. UK: Editorial HEINEMANN.
- Leet K. M. & Uang C. (1990) *Fundamentos de Análisis Estructural*. (2ª ed). México: Editorial Mc Graw Hill.
- Okumoto Y., et al. (2006) *Design of Ship Hull Structures. A Practical Guide for Engineers*. Germany: Editorial Springer.
- Rawson K. J. & Tupper E. C. (2001) *Basic Ship Theory (Vol. 1)*. (5ª ed). UK: Editorial ELSEVIER B-H
- Comstock J. P. (1967) *Principles of Naval Architecture*. USA: Editorial SNAME.